

10164



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DIGESTIBILIDAD *in situ* A NIVEL RUMINAL DE LA MATERIA SECA Y PROTEINA DEL PASTO ESTRELLA DE AFRICA (Cynodon plectostachyus)

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE Médico Veterinario Zootecnista

P R E S E N T A

Emigdio Santiago García

5236

Asesores: M. V. Z. Marcelo Pérez Domínguez

M. V. Z. Graciela Tapia Pérez

- 1. Digestion - Experimentos
- 2. Pastos Investigados
- 3. Estrella de Africa (Pasto)



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

;"

DIGESTIBILIDAD *in situ* A NIVEL RUMINAL DE LA MATERIA SECA Y PROTEI
NA DEL PASTO ESTRELLA DE AFRICA (Cynodon plectostachyus)

Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
de la
Universidad Nacional Autónoma de México

Para la obtención del título de
Médico Veterinario Zootecnista

por

EMIGDIO SANTIAGO GARCIA

5236

A s e s o r e s

M.V.Z. Marcelo Pérez Domínguez

M.V.Z. Graciela Tapia Pérez

México, D.F.

1 9 8 6

"ii"

DEDICATORIA

A mi padres

Emigdio y Aurea

Con todo mi amor y agradecimiento por el gran apoyo que me brindaron para - obtener uno de mis más grandes anhelos.

A mis hermanos

Por todo lo que compartimos en la vida y por su gran cariño.

A familiares y amigos

A todos los que aman la vida

"iii"

A G R A D E C I M I E N T O S

A mis asesores, por la valiosa ayuda y el gran apoyo que
me brindaron

A Jaime, Enrique, Armando R. y Ma. Luisa por su valiosa
y desinteresada ayuda que mostraron para que fuera posible
la realización de este trabajo.

C O N T E N I D O

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
MATERIAL Y METODOS	7
RESULTADOS	15
DISCUSION	18
LITERATURA CITADA	39
CUADROS Y GRAFICAS	21

RESUMEN

SANTIAGO GARCIA EMIGDIO. Digestibilidad in situ a nivel rumi-
nal de la materia seca y proteína del pasto estrella de Africa (Cynodon plectos-
tachyus) (Bajo la dirección de Marcelo Pérez Domínguez y Graciela Tapia Pé-
rez).

El presente trabajo se realizó con el objeto de estimar las condiciones óptimas, con respecto al tiempo de incubación ruminal, tamaño de partícula, peso de la muestra y tipo de bolsa, para obtener una mejor apreciación de la digestibilidad in situ de la materia seca y proteína del pasto estrella de Africa. - En este trabajo se utilizaron 4 borregos de la raza Merino con un peso promedio de 50 kg; fistulados a nivel ruminal y provistos de una cánula flexible, distribuidos al azar en dos grupos. El trabajo se dividió en dos experimentos, en el primero se utilizó la bolsa de nylon tipo Suiza (11 x 5.2 cm) y en el segundo la bolsa tipo Inglesa (15.2 x 9.5 cm). Los pesos de muestras (X_1) que se utilizaron fueron: 1.58, 1.95 y 2.36 g; 4, 5 y 6 g respectivamente para cada tipo de bolsa. Los tamaños de partícula (X_2) y los tiempos de incubación ruminal (X_3) para ambas bolsas fueron: 2, 3 y 4 mm y 48, 60 y 72 h respectivamente. Se suministró pasto estrella de Africa como dieta única, con un tiempo de adaptación de 15 días, bajo un régimen ad libitum. Se empleó un diseño central -- compuesto de primer orden, y los resultados fueron analizados de acuerdo a la metodología de superficie de respuesta. La digestibilidad obtenida de la materia seca, utilizando la bolsa tipo Suiza fue: En el nivel central de 35.3% a

38.1% y en el nivel factorial alrededor de 37%. Para la proteína, utilizando el mismo tipo de bolsa, en el nivel central se encontró una digestibilidad de 36.7% a 54.2% y en el nivel factorial de 50%. Utilizando la bolsa tipo Inglesa se observó en el nivel central una digestibilidad para la materia seca de 31.6% a 37.4%, en el nivel factorial de alrededor de 38%. Para la proteína, utilizando el mismo tipo de bolsa, en el nivel central la digestibilidad fue de 43.5% a 53.6% y en el nivel factorial de un 50%. Al aplicar el análisis de varianza en ambos tipos de bolsa tanto para materia seca como para proteína la falta de ajuste no fue significativo ($P > 0.05$) lo que indica que el modelo cuadrático utilizado es el correcto.

En el análisis para la respuesta óptima se obtuvo un punto silla para ambos tipos de bolsa, lo que nos permitió encontrar las condiciones experimentales óptimas, sin embargo, estos resultados proporcionaron las indicaciones necesarias para el diseño de otro experimento para establecer esas condiciones.

I N T R O D U C C I O N

Los desórdenes nutricionales constituyen una gran parte de los factores que disminuyen la productividad ganadera, la insuficiencia de energía y proteína es a menudo responsable de la producción subóptima (27).

En la mayoría de las áreas tropicales los rumiantes dependen casi exclusivamente de los forrajes para cubrir sus requerimientos nutricionales (27). Es por esto que las especies forrajeras tropicales de alto rendimiento y con buenas características para ser explotadas en sistemas de pastoreo extensivo adquieren - cada día más importancia por lo tanto, se considera necesario contar con un conocimiento más específico sobre la composición química y la digestibilidad de - estos forrajes. Dichos parámetros constituyen uno de los principales factores para evaluar la calidad de un forraje (19, 27).

La historia del desarrollo de métodos para determinar el valor de los alimentos para la producción animal es muy extensa. A principios del siglo - XIX se publicaron los primeros cuadros mostrando el valor nutritivo de los alimentos y a partir de ahí se desarrollaron métodos sobre los cuales se basan las técnicas actuales (20, 25, 26).

Al pasar del tiempo, los métodos fueron modificados y desarrollados - para mejorar la confianza con la cual las técnicas antiguas de laboratorio pudieron usarse para predecir el valor nutritivo de los alimentos. Aunque procedimientos de laboratorio altamente desarrollados son actualmente asequibles, las

modificaciones que han sido introducidas a menudo, simplemente han intentado con imitar el proceso in vivo (26); por lo que, para la evaluación de los alimentos, las técnicas in situ son de las preferidas por muchos investigadores (24, 29).

La técnica de la bolsa de fibra artificial (dacrón, nylon) o seda, ha sido utilizada durante varios años para el estudio de la digestión de los forrajes a nivel ruminal y tiene la ventaja de ser rápida, económica y confiable. Además, proporciona estimados de la tasa y el grado de degradabilidad de los constituyentes alimenticios a nivel ruminal, determinando así la calidad del alimento a evaluar, sin necesidad de ningún procedimiento complicado (1, 2, 4, 9, 11, 15, 16, 20, 24, 26, 28, 29, 35).

Las bolsas utilizadas en esta técnica están hechas de un material de muy difícil digestión, pero que permiten la afluencia de agentes digestibles y compuestos esenciales del medio ambiente ruminal y la afluencia de productos de la digestión final (10, 12).

Estas bolsas de fibra artificial son colocadas en el rumen de animales fistulados y extraídas después de varios períodos de incubación para determinar la digestión de su contenido (1, 4, 11, 18, 20, 21, 29, 30, 35).

Una medida del valor nutricional de los alimentos es la velocidad de digestión en el rumen, por lo que el potencial para la digestibilidad de los alimentos por los rumiantes puede ser predicho según el tiempo medio para la digestibilidad de la materia seca (M.S.) del material contenido en las bolsas de

fibra artificial y de ahí partir para determinar otros nutrimentos, en este caso proteína cruda, ya que este nutrimento servirá de base para evaluar, aunque en forma indirecta, la disponibilidad biológica de los minerales, a nivel ruminal. Si se considera que los minerales que están asociados con la fibra pueden ser solubilizados más lentamente en el rumen y por lo tanto ser biológicamente menos disponibles, los niveles de proteína al igual pueden tener un efecto sobre la solubilidad de ciertos minerales en rumen (2, 11, 24, 25, 28, 33).

El interés en el uso de la bolsa de fibra artificial para estudios de digestión a nivel ruminal fue estimulado por la necesidad de contar con una técnica rápida, confiable y económica que permita cuantificar la digestibilidad in situ (en el rumen) (29).

La prueba de digestibilidad in situ puede ser afectada por diversos factores como son: El tamaño de la bolsa, el diámetro del poro de la bolsa, el material con que se elabore ésta, el tamaño de la muestra en relación al tamaño de la bolsa, período de incubación. Así como la composición de la dieta (5, 6, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 26, 31).

Por lo que en el presente trabajo se tratará de obtener, con base en observaciones y resultados de diversos autores, una metodología adaptable a nuestras condiciones de trabajo.

La hipótesis que se pretende probar en este trabajo, es que la estimación de la digestibilidad de la materia seca y proteína del pasto estrella de -
africa (C. plectostachyus) varía de acuerdo a los diferentes tiempos de incubación ruminal, peso de la muestra, tamaño de partícula y tipo de bolsa utilizados.

El presente trabajo forma parte de una serie de experimentos que tienen como objetivo principal estimar las condiciones óptimas con respecto al tiempo de incubación ruminal, tamaño de partícula, peso de la muestra y tipo de -
bolsa, para obtener una mejor apreciación de la digestibilidad in situ de la materia seca y proteína del pasto estrella de Africa.

MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Minerales, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Unidad Central, Palo Alto, D.F.

ANIMALES Y DIETA

Para esta investigación se utilizaron 4 borregos de la raza Merino con un peso promedio de 50 kg, fistulados a nivel ruminal según la técnica de Hecker y provistos de una cánula flexible de Jarret, los que se dividieron en dos grupos, completamente al azar (8, 29).

Estos animales recibieron como dieta única pasto estrella de Africa - (C. plectostachyus), secado al sol, bajo régimen alimenticio ad libitum y previo período de adaptación a la dieta de 15 días (2, 10, 28, 29).

MUESTRAS DE PASTO PARA EL EXPERIMENTO

Se trabajó con una muestra representativa de 2.5 kg de pasto estrella de Africa, el cual fue tratado según el método descrito por Juárez et al. (14).

Posteriormente, el pasto se molió por partes iguales con cribas de 2, 3 y 4 mm de diámetro respectivamente, utilizando para esto un molino Thomas Wiley modelo No. 4.

B O L S A S

En este trabajo se utilizaron dos tipos de bolsas: Bolsa tipo Suiza - Rivas, (29) y bolsa Inglesa Orskov, (26).

El material que se utilizó en la fabricación de las bolsas tipo Suiza fue nylon monofilamentoso, el cual tiene un diámetro de poro de 10 x 10 micras y un número de perforaciones de $5102/\text{cm}^2$. Con el objeto de evitar acumulaciones de la muestra se usaron costuras dobles (con hilo nylon), bordes redondeados y las costuras se sellaron con hule latex, quedando de esta manera un área útil de bolsa de $11 \times 5.2 \text{ cm} = 57.2 \text{ cm}^2$, sin contar costuras y nudo en la boca de la bolsa (20, 23, 24, 29).

La bolsa tipo Inglesa está elaborada con tela de nylon con poros de diámetro 104.3×52.16 micras y un número de perforaciones de $2042/\text{cm}^2$. Con el objeto de evitar acumulaciones de muestra esta bolsa tiene las costuras dobles (con hilo poliéster) y bordes redondeados Orskov et al. (26) y quedando de esta manera un área útil de bolsa de $15.2 \times 9.5 \text{ cm} = 144.4 \text{ cm}^2$, sin contar costura y nudo en la boca (25).

TAMAÑO DE MUESTRAS

Los pesos de muestras que se utilizaron en este trabajo fueron: Para la bolsa tipo Suiza 1.58 g, 1.97 g y 2.36 g y para la bolsa tipo Inglesa 4 g, 5 g y 6 g, respetando así las recomendaciones de Merhrez y Orskov (20); --

Weakley et al. (36); Rodríguez (30); Keuren Van y Heinermann (17); Lusk et al. (18); Ganev et al. (6); Kempton (15).

COLOCACION DE LA BOLSA

Una vez que la muestra, pasto estrella de Africa molido, se coloca - en el interior de cada bolsa de nylon, ésta se anuda lo más cerca posible a la boca con hilo nylon multifilamentoso usando nudo triple con doble vuelta (29). En seguida se colocan dentro de una estufa de aire forzado a 65 C/24 horas - para mantenerlas a peso constante. Después se depositan en un desecador hasta el momento de ser pesadas en una balanza analítica (29, 36).

Antes de introducir la bolsita de nylon al rumen, se sumerge en agua deionizada a una temperatura de 39 C, por un lapso de un minuto (1, 26).

Siguiendo con las recomendaciones de Mehrez y Orskov (20) a cada - bolsa se le amarró un hilo nylon multifilamentoso que sirve para unirlo al tapón de la cánula, teniendo este una longitud total de 25 cm.

A cada borrego se le fueron introduciendo las bolsitas en el rumen - hasta completar 48, 60 y 72 h de incubación ruminal, sacándose todas 48 horas después de la introducción de la última bolsa. Esto se hizo con el propósito - de que todas las bolsas fueron retiradas y lavadas al mismo tiempo, reduciendo así al mínimo posibles variaciones al momento de efectuar el lavado (26).

El lavado de las bolsas posincubación se efectuó con agua destilada, hasta que escurrió líquido claro. Posteriormente se dejaron escurrir a temperatura ambiente por 48 h y secadas en una estufa de aire forzado a 65 C/24 h. En seguida, se colocaron en un desecador y se pesaron en una balanza analítica (29, 36).

El experimento se repitió dos veces consecutivas siguiendo las recomendaciones de Mehrez y Orskov (20) y Orskov et al. (26).

El cálculo de la desaparición o digestibilidad de la materia seca (M. S.) se efectuó de acuerdo a la fórmula siguiente: (20, 24, 25, 29).

$$\% \text{ Digestibilidad de M.S.} = \frac{\text{Peso de la muestra} + \text{bolsa antes de la incubación (de-secada a 65 C/24 h)} - \text{Peso de la muestra} + \text{bolsa después de la incubación (de-secada a 65 C/24 h)}}{\text{peso de la muestra en base seca}} \times 100$$

Para la determinación de proteína se utilizó el método de Microkjeldahl, descrito por Esther Soca (32).

DISEÑO EXPERIMENTAL

La metodología de superficie de respuesta descrita por Meyers (21) plantea un primer experimento factorial para ajustar un modelo de primer orden. Una vez obtenidos los resultados se lleva a cabo una prueba de hipótesis para saber si el modelo correcto es lineal a cuadrático. Después se realiza un segundo experimento para ajustar un modelo de segundo orden e iniciar la explo-

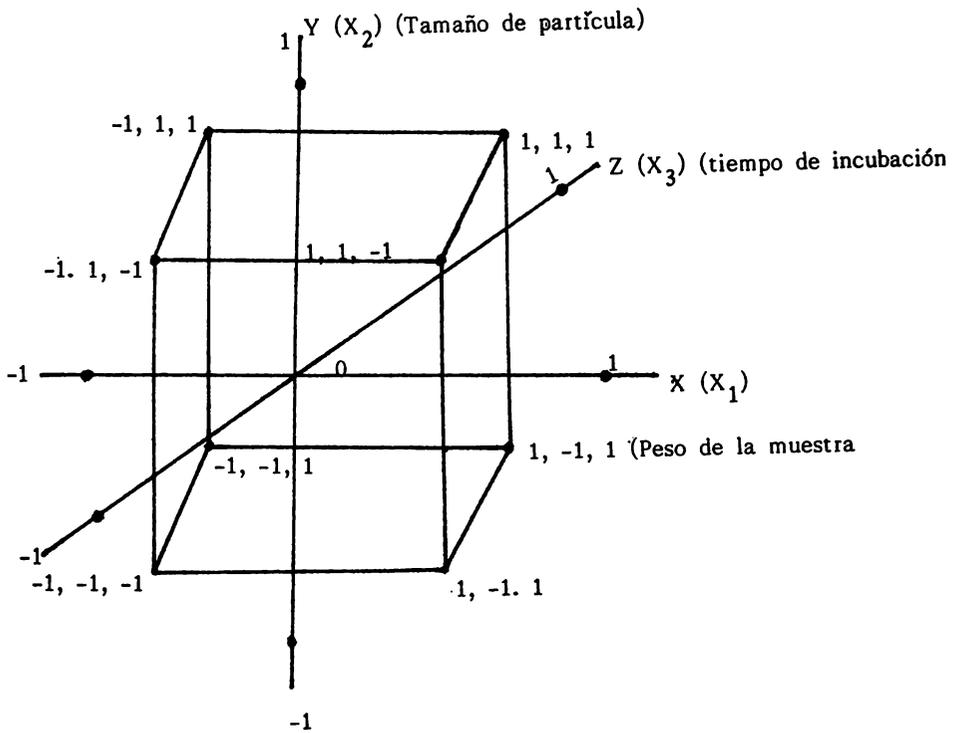
ración de la región experimental y así sucesivamente, hasta encontrar el punto -
 óptimo. En este trabajo únicamente se realizó el modelo de primer orden.

La caracterización del sistema de superficie de respuesta se logra estudiando los signos de magnitud de $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$. Las interpretaciones son:

Si las λ_i son todas negativas, implica que el punto estacionario X_0 -
 determina un máximo. Si las λ_i son negativas, al alejarse de X_0 se aumentan -
 algunas W_i y decrece la respuesta. Si las λ_i son todas positivas, X_0 es un mí-
 nimo y si algunas λ_i son positivas y otras negativas, se trata de un punto silla
 (21).

En este trabajo se llevaron a cabo dos experimentos, el primero con
 la bolsa tipo Suiza y el segundo con la de tipo Inglesa con un diseño en blo-
 ques (borregos), con un arreglo factorial $2 \times 2 \times 2$ con repeticiones del punto
 central. Como se muestra en la figura siguiente:

DISEÑO CENTRAL COMPUESTO



El experimento contó con una porción factorial que se dividió en dos bloques es decir:

Tratamientos		Tratamientos	
Bloque 1	abc	Bloque 2	ab
	a		ac
	b		bc
	c		(1)
	0		0
	0		0

Teniendo para esto 3 factores: X_1 , X_2 y X_3 .

Así:

X_1 = peso de la muestra en gramos

X_2 = tamaño de la muestra en milímetros

X_3 = tiempo de incubación ruminal en horas

A continuación se muestran los niveles centrales y factoriales para el primer experimento con la bolsa Suiza.

	-1	0	1
X_1	1.58 g	1.97 g	2.36 g
X_2	2 mm	3 mm	4 mm
X_3	48 h	60 h	72 h

Y los niveles central y factorial para el segundo experimento con la bolsa Inglesa:

	-1	0	1
X	4 g	6 g	6 g
X	2 mm	3 mm	4 mm
X	48 h	60 h	72 h

En los Cuadras 1 y 2 se muestran los tratamientos para los tipos de -
bolsa.

Para el análisis estadístico de las variables M.S. y P.C. se utilizó -
la transformación arco-seno (proporción) 1/2.

Los experimentos 1 y 2 se analizaron de acuerdo a la metodología ma-
tricial descrita por Meyers (21), implementada en un paquete SAS (3) donde se -
encontró el punto llamado estacionario (Y_o) y está definido por:

$$Y_o = -\hat{\beta}^{-1} \underline{b} \quad (1/2) \text{ donde}$$

Y_o = punto estacionario estimado por
cada una de las bolsas.

$-\hat{\beta}^{-1}$ = matriz de coeficientes de re-
gresión parciales inversa.

\underline{b} = vector de coeficientes de regresión
con un análisis conónico dado por:

$$Y = \hat{Y}_o + \underline{w}'' \underline{w} \text{ donde:}$$

\hat{Y}_o : es el punto estacionario estimado -
por cada una de las bolsas.

\underline{w} : es el vector de variables conónicas.

$\underline{\lambda}$: es la matriz diagonal de raíces ca-
racterísticas (3, 21).

R E S U L T A D O S

En la Figura 1 se observan los valores de digestibilidad obtenidos de la materia seca del pasto estrella de Africa, utilizando la bolsa tipo Suiza. - En el nivel central existe una digestibilidad de 35.3% a 38.1%. En los vértices del cubo que corresponden al nivel factorial se encontraron los porcentajes de digestibilidad para cada uno de los tratamientos, los cuales se pueden observar en el Cuadro 3.

En la Figura 2 se presentan los resultados de la digestibilidad in situ de la materia seca del pasto estrella de Africa, utilizando la bolsa tipo Inglesa. En el nivel central hay una digestibilidad de 31.6% a 37.4%. En los vértices del cubo que corresponden al nivel factorial se observan los porcentajes de digestibilidad para cada uno de los tratamientos, los cuales se pueden observar en el Cuadro 4.

En la Figura 3 se pueden observar los valores de digestibilidad in situ de la proteína del pasto estrella de Africa, utilizando la bolsa tipo Suiza. En el nivel central se observa una digestibilidad de 36.7% a 54.2%. En los vértices del cubo que corresponden al nivel factorial existe la digestibilidad para cada uno de los tratamientos, los cuales se pueden observar en el Cuadro 5.

En la Figura 4 se puede apreciar la digestibilidad in situ de la proteína del pasto estrella de Africa, utilizando la bolsa tipo Inglesa. En el ri-

vel central se encontró una digestibilidad del 43.5% a 53.6%. En los vértices del cubo se muestra la digestibilidad para cada uno de los tratamientos, los cuales se pueden observar en el Cuadro 6.

En los Cuadro 7, 8, 9 y 10 se muestran los puntos máximos de la respuesta (Y_0) y los eigenvalores (λ) de la matriz de diseño. Para la digestibilidad de la materia seca y la proteína del pasto estrella de Africa, utilizando las bolsas tipos Suiza e Inglesa, dichos puntos no muestran un óptimo ya que se observan valores positivos y negativos por lo tanto, los puntos quedaron localizados en un punto silla.

En el Cuadro 11 se observa el análisis de varianza para la digestibilidad in situ de la materia seca en la bolsa tipo Suiza, el cual muestra que el modelo utilizado en este experimento es el correcto ya que la F calculada fue de 2.3416 y el valor de F de Cuadros con 5% de significación, con 1 grado de libertad en el numerador y 3 grados de libertad en el denominador es de 10.13; por lo tanto, el modelo cuadrático es el correcto ya que la falta de ajuste no es significativo.

En el Cuadro 12 se muestra el análisis de varianza para la digestibilidad in situ de la materia seca en la bolsa tipo Inglesa, en el cual se observa que el valor de F fue de 0.381 y el valor de Cuadros F con 5% de significación, con 1 grado de libertad para el numerador y 3 grados de libertad para el denominador es de 10.13, el cual indica que el modelo cuadrático utilizado en este experimento es el correcto ya que la falta de ajuste no es significativo.

En el Cuadro 13 se muestra el análisis de varianza para la digestibilidad in situ de la proteína en la bolsa tipo Suiza, en el cual se observa que el valor de F calculada fue de 9.567 y el valor de Cuadros F con 5% de significación con 1 grado de libertad para el numerador y 3 grados de libertad para el denominador es de 10.13 el cual indica que el modelo cuadrático utilizado es el correcto ya que la falta de ajuste no es significativo.

En el Cuadro 14 se observa el análisis de varianza para la digestibilidad in situ de la proteína en la bolsa tipo Inglesa, el cual muestra que el valor de F calculada fue de 3.8417 y el valor de F de Cuadros con 5% de significación con un 1 grado de libertad para el numerador y 3 grados de libertad para el denominador es de 10.13, el cual indica que el modelo cuadrático utilizado es el correcto ya que la falta de ajuste no es significativo.

D I S C U S I O N

Como se puede apreciar en los datos obtenidos, la digestibilidad de la materia seca del pasto estrella de Africa, usando tanto la bolsa tipo Suiza (Fig. 1) como la Inglesa (Fig. 2) en el nivel central (60 h) es de 31.6% a 38.1%, y tales valores caen dentro de lo informado por otros autores Orskov et al. (26); Rivas et al. (29); García (7).

En el nivel factorial a las 72 h se encontró un porcentaje de digestibilidad promedio del 40%, el cual concuerda con lo encontrado por Rivas et al. (29); García (7); Kempton (15); Gallinger y Kercher (5); Keuren Van y Heinermann et al. (17); Neathery (23); Orskov y Horvel (25) y Bailey e Hironaka (2).

Otros autores no han encontrado diferencias significativas en cuanto a tamaño de muestra y tamaño de partícula sobre el porcentaje de digestibilidad in situ de la materia seca. Keuren Van y Heinermann (17); no obtuvieron diferencias entre las muestras (pastos-gramíneas; trébol y alfalfa deshidratada) cuando los molieron a través de cribas de 2, 4 y 6 mm. Lawrey, citado por Orskov et al. (26); no encontró diferencia en la pérdida de materia seca con forrajes molidos a través de cribas 1, 2, 3 y 4 mm. Rodríguez (30); no encontró diferencias en el porcentaje de digestibilidad al utilizar diferentes tamaños de partícula y diferentes pesos de muestra. Sin embargo, Zullis, Haj et al., citado por Orskov y Hovel (25) y Tomlin et al. (34) mencionan que la digestibilidad de la materia seca disminuye al aumentar el peso de la muestra y manteniendo constante el tamaño de la bolsa.

Por lo tanto, todos estos hallazgos sugieren que el porcentaje de digestibilidad óptimo de la materia seca que se obtenga va a estar influenciado más por el tiempo de incubación que por el tamaño de partícula o peso de la muestra.

En cuanto al porcentaje de digestibilidad in situ de la proteína cruda del pasto estrella de Africa, en el nivel central tanto para la bolsa Suiza como para la bolsa Inglesa, se obtuvieron valores de 36.7% a 54.2%. Bailey e Hironaka (2) y Jordan et al. (13); notifican valores similares evaluando estos forrajes.

En el nivel factorial el punto máximo alcanzado fue a las 72 h, en donde se obtuvo una digestibilidad del 53% con la bolsa tipo Inglesa y de 52.2% con la bolsa tipo Suiza, valores cercanos a los obtenidos por Jordan et al. (13); con pasto Bermuda cruzado No. 1 (63%) y con pasto estrella Jamaicano (48%).

Al realizar el análisis de varianza (ANOVA) a los resultados, se encontró que existió diferencia estadística significativa, para la falta de ajuste. Esto significa que el modelo estadístico empleado fue el adecuado, es decir cuadrático.

En ninguna de las dos variables estudiadas se encontró un punto óptimo de digestibilidad, con respecto al tipo de bolsa, tiempo de incubación ruminal, tamaño de partícula y peso de muestra ya que los valores obtenidos en

la variable de respuesta (Y_0) se localizaron en un punto silla, lo que no permitió encontrar las condiciones experimentales óptimas para ambos tipos de bolsas.

Por lo tanto, se concluye que los resultados obtenidos en este primer trabajo servirán de base para investigaciones posteriores, modificando el nivel central y la porción factorial para tratar de encontrar un punto óptimo de digestibilidad in situ, a nivel ruminal, de la materia seca y proteína del pasto estrella de Africa (C. plectostachyus).

Para el siguiente experimento el cual tendrá que ser de segundo orden, se sugieren los siguientes valores.

		BOLSA SUIZA				
		-1.4142	-1	0	1	1.4142
X_1	gramas	1.80	1.97	2.36	2.75	2.91
X_2	horas	19	24	36	48	53:30
		BOLSA INGLESA				
		-1.4142	-1	0	1	1.4142
X_1	gramas	4.58	5	6	7	7.41
X_2	horas	19	24	36	48	53:30

El tamaño de partícula se propone quede fijo a 3 mm, por ser el factor que presentó mayor variabilidad.

FIGURA 1

DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DEL PASTO ESTRELLA DE AFRICA, in situ. A NIVEL RUMINAL, EN LA BOLSA TIPO SUIZA EN (%).

DE ACUERDO AL PESO DE LA MUESTRA (g), TAMAÑO DE PARTICULA (mm) Y TIEMPO DE INCUBACION (h).

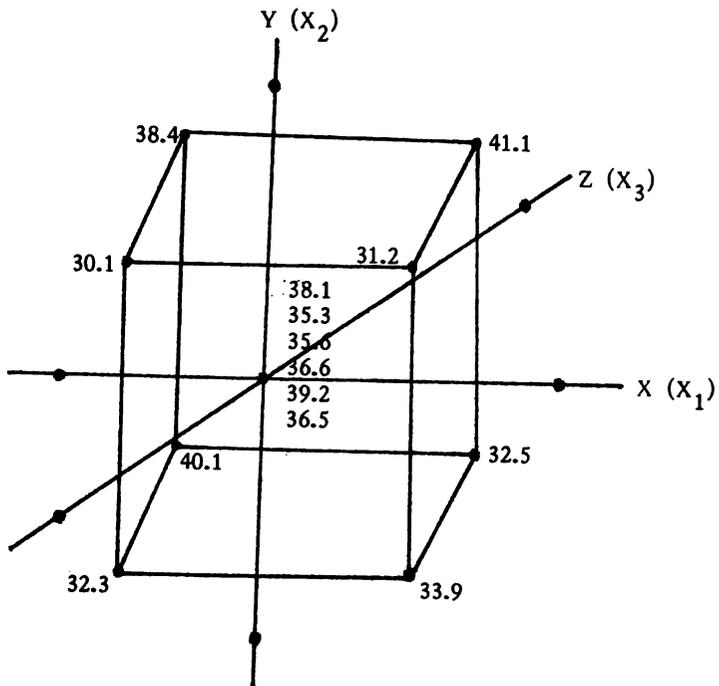


FIGURA 2

DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA, DEL PASTO ESTRELLA DE AFRICA, in situ. A NIVEL RUMINAL, EN LA BOLSA TIPO INGLESA. EN (%).

DE ACUERDO AL PESO DE LA MUESTRA (g), TAMAÑO DE PARTICULA (mm) Y TIEMPO DE INCUBACION (h).

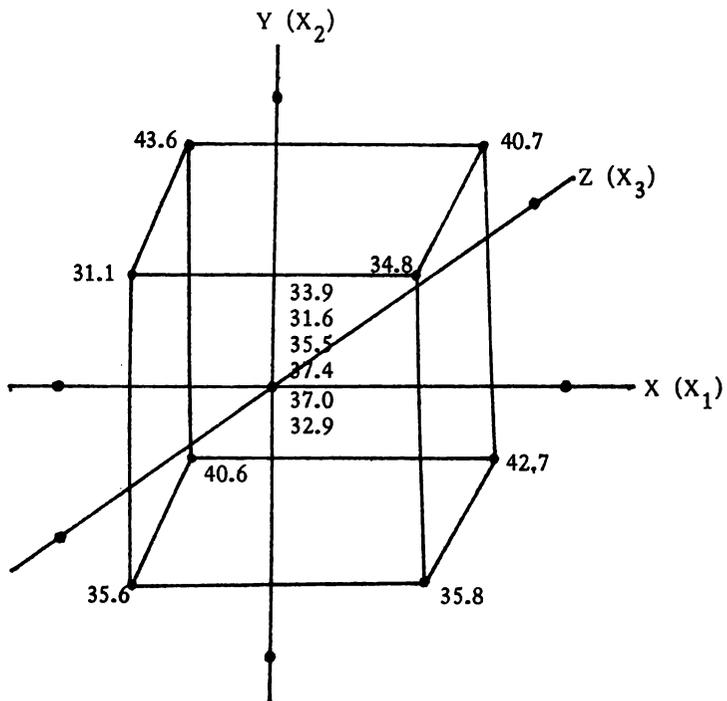


FIGURA 3

DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA, DEL PASTO ESTRELLA DE AFRICA,
in situ. A NIVEL RUMINAL, EN LA BOLSA TIPO SUIZA. EN (%).

DE ACUERDO AL PESO DE LA MUESTRA (g), TAMAÑO DE PARTICULA
 (mm) Y TIEMPO DE INCUBACION (h).

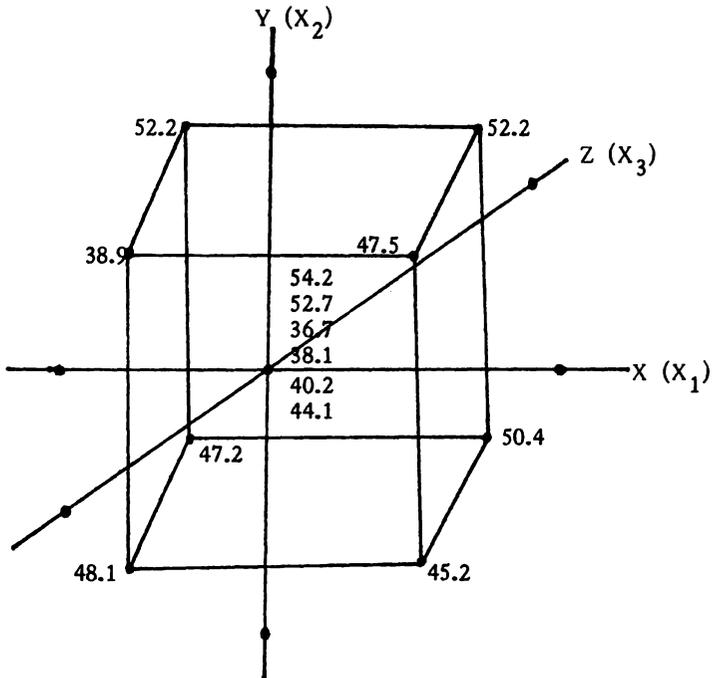
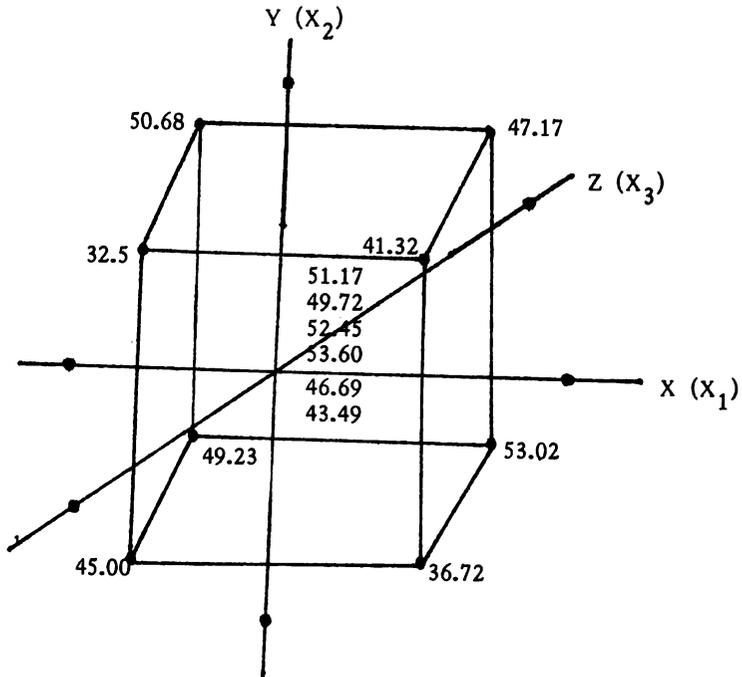


FIGURA 4

DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA, DEL PASTO ESTRELLA DE AFRICA, in situ. A NIVEL RUMINAL EN LA BOLSA TIPO INGLESA, EN (%).

DE ACUERDO AL PESO DE LA MUESTRA (g), TAMAÑO DE PARTICULA (mm) Y TIEMPO DE INCUBACION (h).



CUADRO 1
 TRATAMIENTOS PARA LA 1ª ETAPA, BOLSA SUIZA

Tratamientos	X_1	X_2	X_3	Niveles originales		
				Peso de muestra	Tamaño de partícula	Tiempo de incubación
abc	1	1	1	2.36 g	4 mm	72 h
a	1	-1	-1	2.36 g	2 mm	48 h
b	-1	1	-1	1.58 g	4 mm	48 h
c	-1	-1	1	1.58 g	2 mm	72 h
ab	1	1	-1	2.36 g	4 mm	48 h
ac	1	-1	1	2.36 g	2 mm	72 h
bc	-1	1	1	1.58 g	4 mm	72 h
(1)	-1	-1	-1	1.58 g	2 mm	48 h
0	0	0	0	1.97 g	3 mm	60 h

CUADRO 2
TRATAMIENTOS PARA LA 2ª ETAPA, BOLSA INGLESA

Tratamientos	X_1	X_2	X_3	Niveles originales		
				Peso de muestra	Tamaño de partícula	Tiempo de incubación
abc	1	1	1	6 g	4 mm	72 h
a	1	-1	-1	6 g	2 mm	48 h
b	-1	1	-1	4 g	4 mm	48 h
c	-1	-1	1	4 g	2 mm	72 h
ab	1	1	-1	6 g	4 mm	48 h
ac	1	-1	1	6 g	2 mm	72 h
bc	-1	1	1	4 g	4 mm	72 h
(1)	-1	-1	-1	4 g	2 mm	48 h
0	0	0	0	5 g	3 mm	60 h

CUADRO 3

DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DEL PASTO ESTRELLA DE AFRI
CA, in situ. A NIVEL RUMINAL, EN LA BOLSA TIPO SUIZA -
EN EL NIVEL FACTORIAL

Tratamientos	X ₁	X ₂	X ₃	Niveles originales			% de digestibilidad
				Peso de muestra	Tamaño de partícula	Tiempo de incubación	
abc	1	1	1	2.36 g	4 mm	72 h	41.1
a	1	-1	-1	2.36 g	2 mm	48 h	33.9
b	-1	1	-1	1.58 g	4 mm	48 h	30.1
c	-1	-1	1	1.58 g	2 mm	72 h	40.1
ab	1	1	-1	2.36 g	4 mm	48 h	31.2
ac	1	-1	1	2.36 g	2 mm	72 h	32.5
bc	-1	1	1	1.58 g	4 mm	72 h	38.4
(1)	-1	-1	-1	1.58 g	2 mm	48 h	32.3

CUADRO 4

DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DEL PASTO ESTRELLA DE --
AFRICA, in situ. A NIVEL RUMINAL, EN LA BOLSA TIPO INGLESA,
EN EL NIVEL FACTORIAL

Tratamientos	X ₁	X ₂	X ₃	Niveles originales			% de digestibilidad
				Peso de muestra	Tamaño de partícula	Tiempo de incubación	
abc	1	1	1	6 g	4 mm	72 h	40.7
a	1	-1	-1	6 g	2 mm	48 h	35.8
b	-1	1	-1	4 g	4 mm	48 h	31.1
c	-1	-1	1	4 g	2 mm	72 h	40.6
ab	1	1	-1	6 g	4 mm	48 h	34.8
ac	1	-1	1	6 g	2 mm	72 h	42.7
bc	-1	1	1	4 g	4 mm	72 h	43.6
(1)	-1	-1	-1	4 g	2 mm	48 h	35.6

CUADRO 5

DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA DEL PASTO ESTRELLA DE AFRICA,
in situ. A NIVEL RUMINAL, EN LA BOLSA TIPO SUIZA EN EL NI-
 VEL FACTORIAL

Tratamientos	X ₁	X ₂	X ₃	Niveles originales			% de digestibilidad
				Peso de muestra	Tamaño de partícula	Tiempo de incubación	
abc	1	1	1	2.36 g	4 mm	72 h	52.2
a	1	-1	-1	2.36 g	2 mm	48 h	45.2
b	-1	1	-1	1.58 g	4 mm	48 h	38.9
c	-1	-1	1	1.58 g	2 mm	72 h	47.2
ab	1	1	-1	2.36 g	4 mm	48 h	47.5
ac	1	-1	1	2.36 g	2 mm	72 h	50.4
bc	-1	1	1	1.58 g	4 mm	72 h	52.2
(1)	-1	-1	-1	1.58 g	2 mm	48 h	48.1

CUADRO 6

DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA DEL PASTO ESTRELLA DE AFRI-
CA, in situ. A NIVEL RUMINAL, EN LA BOLSA TIPO INGLESA EN
EL NIVEL FACTORIAL

Tratamientos	X_1	X_2	X_3	Niveles originales			% de digestibilidad
				Peso de muestra	Tamaño de partícula	Tiempo de incubación	
abc	1	1	1	6 g	4 mm	72 h	47.1
a	1	-1	-1	6 g	2 mm	48 h	36.7
b	-1	1	-1	4 g	4 mm	48 h	32.5
c	-1	-1	1	4 g	2 mm	72 h	49.2
ab	1	1	-1	6 g	4 mm	48 h	41.3
ac	1	-1	1	6 g	2 mm	72 h	53.0
bc	-1	1	1	4 g	4 mm	72 h	50.6
(1)	-1	-1	-1	4 g	2 mm	48 h	45.0

CUADRO 7

PUNTOS MAXIMOS DE LA VARIABLE DE RESPUESTA EN
LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA UTILI-
ZANDO BOLSA TIPO SUIZA

$$X_{1o} \quad Y_o = 1.71 \text{ (g)}$$

$$X_{2o} \quad Y_o = -1.53 \text{ (mm)}$$

$$X_{3o} \quad Y_o = 68.35 \text{ (h)}$$

EIGENVALORES DE LA MATRIZ DE DISEÑO
PARA LA MATERIA SECA, BOLSA -
SUIZA

$$\lambda_1 = 1.6212$$

$$\lambda_2 = 0.3097$$

$$\lambda_3 = -0.1095$$

$$\lambda_4 = -1.4414$$

CUADRO 8

PUNTOS MAXIMOS DE LA VARIABLE DE RESPUESTA EN LA
DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA UTILIZANDO
BOLSA TIPO INGLESA

$$X_{1o} \quad Y_o = 8.27 \text{ (g)}$$

$$X_{2o} \quad Y_o = 2.31 \text{ (mm)}$$

$$X_{3o} \quad Y_o = 99.62 \text{ (h)}$$

EIGENVALORES DE LA MATRIZ DE DISEÑO
PARA LA MATERIA SECA, BOLSA IN-
GLESA.

$$\lambda_1 = 2.0963$$

$$\lambda_2 = 0.2384$$

$$\lambda_3 = -0.2560$$

$$\lambda_4 = -1.0888$$

CUADRO 9

PUNTOS MAXIMOS DE LA VARIABLE DE RESPUESTA EN
LA DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA UTILIZANDO
BOLSA TIPO SUIZA

$$X_{1o} \quad Y_o = 1.97 \text{ (g)}$$

$$X_{2o} \quad Y_o = 1.96 \text{ (mm)}$$

$$X_{3o} \quad Y_o = 77.5 \text{ (h)}$$

EIGENVALORES DE LA MATRIZ DE DISEÑO
PARA LA PROTEINA, BOLSA –
SUIZA

$$\lambda_1 = 3.4268$$

$$\lambda_2 = 1.4294$$

$$\lambda_3 = 0.5645$$

$$\lambda_4 = -1.3534$$

CUADRO 10

PUNTOS MAXIMOS DE LA VARIABLE DE RESPUESTA EN
LA DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA UTILIZAN-
DO BOLSA TIPO INGLESIA

$$X_{1o} \quad Y_o = 5.88 \text{ (g)}$$

$$X_{2o} \quad Y_o = 4.00 \text{ (mm)}$$

$$X_{3o} \quad Y_o = 70.44 \text{ (h)}$$

EIGENVALORES DE LA MATRIZ DE DISEÑO
PARA LA PROTEINA, BOLSA INGLESIA

$$\lambda_1 = 0.1883$$

$$\lambda_2 = -0.1497$$

$$\lambda_3 = -4.0575$$

$$\lambda_4 = -4.2486$$

CUADRO 11

ANALISIS DE VARIANZA PARA DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SE-
CA A NIVEL RUMINAL (BOLSA SUIZA)

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Lineal	4	38.3770		
Cuadrático	2	16.5322		
Productos cruzados	3	10.3198		
Total de regresión	9	65.2290		
Falta de ajuste	1	2.1063	2.1063	2.3416 NS
Error puro	3	2.6987	0.8995	
Error total	4	4.8050		

NS: No significativo ($P > 0.05$).

G.L.: Grados de libertad

S.C.: Suma de cuadrados

C.M.: Cuadrados medios

F.: Estadística de prueba

CUADRO 12

ANALISIS DE VARIANZA PARA DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SE-
CA A NIVEL RUMINAL (BOLSA INGLESA)

Fuente de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Lineal	4	42.5307		
Cuadrático	2	21.0462		
Productos cruzados	3	3.1336		
Total de regresión	9	66.7106		
Falta de ajuste	1	0.6176	0.6176	0.381 NS
Error puro	3	4.8570	1.619	
Error total	4	5.4746		

NS: No significativo ($P > 0.05$).

CUADRO 13

ANALISIS DE VARIANZA PARA DIGESTIBILIDAD DE PROTEINA A
NIVEL RUMINAL (BOLSA SUIZA)

Fuente de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P
Lineal	4	74.30			
Cuadrático	2	10.35			
Productos cruzados	3	11.09			
Total de regresión	9	95.74			
Falta de ajuste	1	87.1728	87.1728	9.567	NS
Error puro	3	27.3355	9.1118		
Error total	4	114.5083			

NS: No significativo ($P > 0.05$).

CUADRO 14

ANALISIS DE VARIANZA PARA DIGESTIBILIDAD DE PROTEINA
A NIVEL RUMINAL (BOLSA INGLESA)

Fuente de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Lineal	4	99.257		
Cuadrático	2	68.3981		
Productos cruzados	3	6.1473		
Total de regresión	9	173.8		
Falta de ajuste	1	2.8982	2.8982	3.8417 NS
Error puro	3	2.2634	0.7544	
Error total	4	5.1616		

NS: No significativo ($P > 0.05$).

LITERATURA CITADA

- 1.- Archibald, J.G., Fenner, H.Q. and Barnes, H.D.: Measurement of the nutritive value of alfalfa and timothy hay by varied technique. J. Dairy Sci., 44: 2232-3341 (1961).
- 2.- Bailey, B.C. and Hiranaka, R.: Maximum loss of feed from nylon bags in the rumen of steers as related to apparent digestibility. J. Anim. Sci., 30: 325-330 (1970).
- 3.- Barr A.J. Goodnight, J.H. Sall, J.P. and Helweig, J.T.: Users guide - to SAS 83, SAS Institute Inc., Raleigh, North Carolina, 1983.
- 4.- Frigid, W., Hale, W. H. and Brent, T.: An evaluation of the nylon - bag technique for estimating rumen utilization of grains. J. Anim. Sci., 35: 113-119 (1972).
- 5.- Gallinger, D.D. and Kercher, C.J.: An in vivo metod for determining - forage digestibility. J. Anim. Sci., 23: 604 (1964) (Abstract).
- 6.- Ganev, G., Orskov, E.R. and Smart, R.: The effect of roughage or - concentrate feeding and rumen retention time on total degradation of protein in the rumen. J. Agric. Sci. Camb., 93: 651-656 - (1979).
- 7.- García, C.E.R.: Efecto de la dieta y del tiempo de incubación sobre la digestibilidad in situ a nivel ruminal de la materia seca del pasto pangola. Tesis de licenciatura Fac. de Med. Vet y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1985.

- 8.- Hecker, J.F.: A simple rapid method for inserting rumen cannulae in sheep. J. Aust. Vet., 45: 293-294 (1969).
- 9.- Hellen Van, R.W. and Ellis, W.C.: Membranes for rumen in situ digestion techniques. J. Anim. Sci., 37: 358-359 (1973).
- 10.- Hellen Van, R.W. and Ellis, W. C.: Sample container porosities for rumen in situ studies. J. Anim. Sci., 44: 141-146 (1977).
- 11.- Hopson, D., Johnson, R.R. and Dehority, B.A.: Evaluation of the dacron bag technique as a method for measuring cellulose digestibility and rate of forage digestion. J. Anim. Sci., 22: 448-453 (1963).
- 12.- Johnson, R.R.: Techniques and procedures for the in vitro and in vivo rumen studies. J. Anim. Sci., 25: 855-875 (1966).
- 13.- Jordan, H., Elias, A., Jerez, I., Caballero, A. y Pérez, I.: Estudio de la dinámica de la desaparición de la MS y PB de diferentes pas_{tos} mediante la técnica de la bolsa in situ en el rumen. Rev. Cubana Cienc. Agric., 18: 165-170 (1984).
- 14.- Juárez, S.M.E., Vera, G.E., Pérez, D.M., Cortés, Ch. C. y Castillo F.: Manual de Procedimientos para el Análisis de Minerales en Forrajes. Laboratorio de Minerales I.N.I.P.-S.A.R.H., México, D.F., 1985.
- 15.- Kempton, T.J.: El uso de bolsas de nylon para caracterizar el potencial de degradabilidad de alimentos por el rumiante. Prod. Anim. - Topic., 5: 115-126 (1980).
- 16.- Kercher, C.J., Gallinger, D.D. and Eikiberry, H.D.: Nylon bag --

- technique for measuring forage value. J. Anim. Sci., 21: 880 - (1964) (Abstract).
- 17.- Keuren Van, R.W. and Heinermann, W.W.: Study of a nylon bag - technique for in vivo estimation of forage digestibility. J. Anim. Sci., 21: 340-345 (1962).
- 18.- Lusk, J.W., Browning, C.B. and Milles, J.T.: Small sample in vivo - cellulose digestion produce for evaluation. J. Dairy Sci., 45: - 69-73 (1962).
- 19.- Márquez, P., Lizarraga, G., Aguayo, A. y Garza R.: Evaluación del rendimiento y digestibilidad del zacate ferrer en diferentes estados de madurez en Carbó, Sonora. Téc.Pec.Méx., 32: 9-12 (1977).
- 20.- Mehrez, A.Z. and Orskov, E.R.: A study of artificial fibre bag for - determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci. Camb., 88: 645-650 (1977).
- 21.- Meyers, H.R.: Response Surface Methodology, Allyn and Bacon, Boston, Massachusetts, 1971.
- 22.- Neathery, M.W.: Conventional digestion trials vs nylon bag technique for determining seasonal difference in quality of midland bermuda - grass forage. J. Anim. Sci., 34: 1075-1084 (1972).
- 23.- Neathery, M.W.: Dry matter disappearance of roughages in nylon bags suspended in the rumen. J. Dairy Sci., 52: 74-78 (1969).
- 24.- Orskov, E.R. and Donald Mc, I.: The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurement weighted according to -

- rate of passage. J. Agric. Sci. Camb., 92: 499-503 (1970).
- 25.- Orskov, E.R. y Hovel Deb, F.D.: Digestion ruminal del heno (medida a través de bolsas de dacrón) en el ganado alimentado con caña - de azúcar o heno de pangola. Prod. Anim. Tropic., 3: 9-11 (1978).
- 26.- Orskov, E.R., Hovel Deb, F.D. y Mould, F.: El uso de la técnica - de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Prod. Anim. Tropic., 5: 213-233 (1980).
- 27.- Perdomo, J.T., Shirley, R.L. and Chico, C.F.: Availability of nutrient minerals in four tropical forages freshly chopped to sheep. J. Anim. Sci., 45: 1114-1119 (1977).
- 28.- Playne, M.J., Khumnualthong, W.K. and Echevarria, G.M.: Factors - affecting the digestion of oesophageal fistula samples and hay -- samples in nylon bags in the rumen of cattles. J. Agric. Sci. Camb., 90: 193-200 (1978).
- 29.- Rivas, GA., Pérez, D.M. y Vázquez, P.C.: Efecto de la dieta y del tiempo de incubación sobre la digestibilidad in situ del pasto estrella de Africa. Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México, Centro Médico Nacional, 1983, págs. 737-741, - Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. (1983).
- 30.- Rodríguez, H.: Digestibilidad con la bolsa in vivo, la posición relativa de la bolsa dentro del rumen. Rev. Cub. Agric., 2: 285-287 - (1968).

- 31.- Rodríguez, H.: The in vivo bag technique in digestibility studies. Rev. Cub. Agric., 2: 78-81 (1968).
- 32.- Sosa, De Pro. Esther: Manual de Procedimientos Analíticos para Alimentos de Consumo Animal. Universidad Autónoma de Chapingo, -- México, D.F., 1979.
- 33.- Stem, M.D., Ortega, M.E. and Satter, L.D.: Use of the dacron bag technique with rate of passage information to estimate protein degradation on the rumen. J. Anim. Sci., 51: 398 (1980) -- (Abstract).
- 34.- Tomlin, D.C., Anderson, M.J. and Harris, L.E.: Refinements in the in vivo bag rumen technique. J. Anim. Sci., 26: 622 (1974) - (Abstract).
- 35.- Uden, P., Parra, R. and Soest Van, P.J.: Factor influencing reability of the nylon bag technique. J. Dairy Sci., 57: 622 (1974) -- (Abstract).
- 36.- Weakley, D.C., Stem, M.D. and Stter, L.D.: Factors from suspended in the rumen. J. Anim. Sci., 56: 493-507 (1983).